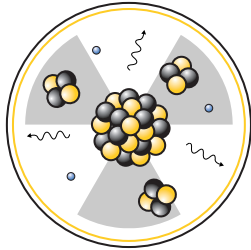
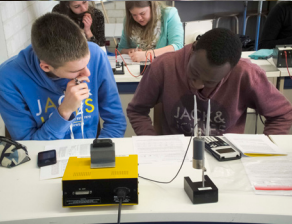
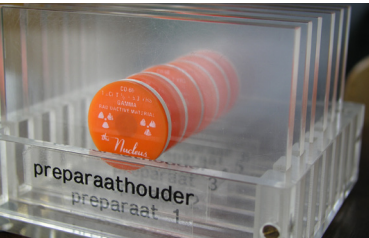




Universiteit
Utrecht

Informatieboekje experimenten
met radioactieve bronnen en
röntgenstraling



50 jaar
ISP

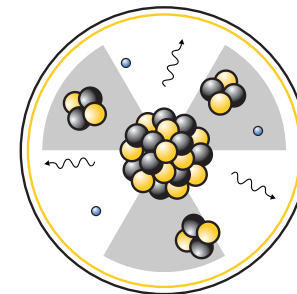


Ioniserende Stralen Practicum

Informatieboekje experimenten met
radioactieve bronnen en röntgenstraling

Jubileumeditie 50 jaar mobiel ISP

1972 - 2022



50 jaar
ISP

Beste Lezer,

Welkom in deze jubileumeditie van het informatieboekje van het Ioniserende Stralen Practicum. Dit boekje is gemaakt naar aanleiding van het 50-jarig bestaan van het mobiele practicum. Het is gevuld met de informatie die je van ons bent gewend, zoals een begrippenlijst en een nuclidencarta. Maar dit boekje bevat ook de geschiedenis van het practicum. Feitelijke informatie over de oprichting, maar ook persoonlijke verhalen van oud-practicumleiders. Al deze informatie is verzameld met behulp van oud medewerkers, al dan niet onder het genot van een pannenkoek. Zij vertelden vol lof over hun tijd bij het ISP, voor een aantal een baan tot aan hun pensioen.

Zelf werk ik nu twee jaar bij het ISP, en dat een aantal van mijn voorgangers hier zijn blijven plakken snap ik wel. Vaak krijgen we de vraag wat we nu eigenlijk doen in de zomer, het zal wel lekker rustig zijn. Maar het tegendeel is waar. In 50 jaar tijd is er zoveel meer gedaan dan alleen maar 'elke dag dezelfde les'. Het is leerlingen begeleiden bij hun profielwerkstukken, masterstudenten ondersteunen in hun onderzoek, onderhoud en reparaties van de experimenten en de kisten, de werkbladen en het informatieboekje maken en verbeteren, een jubileumversie van het informatieboekje maken, de open (onderzoeks) variant ontwikkelen, radioactieve stoffen vegen, een social media account opstarten en bijhouden, onderhoud en inplannen van het vaste practicum in het Minnaertgebouw, de studentassistenten die het vaste practicum begeleiden en opleiden, nieuwe experimenten ontwikkelen, het beheren van de bronnen, een website bijhouden, een nieuwsbrief schrijven... en ohja, had ik het inplannen van de scholen al genoemd? Uiteraard doen we dit allemaal naast het bezoeken van bijna 300 scholen per jaar, want daar draait het uiteindelijk allemaal om.

Wat ik eigenlijk wil zeggen is dat het ISP een uniek project is. Er is veel ruimte voor nieuwe ideeën, waardoor de mogelijkheid bestaat om verder te ontwikkelen op een manier die bij een ieder past. Elke dag gaan we met plezier naar weer een andere middelbare school in het land. Het is fantastisch om een onderwerp waar je zelf gepassioneerd over bent te kunnen delen met een jongere generatie, en om te zien dat het practicum door de leerlingen als nuttig wordt ervaren. Ooit ontstaan vanuit de vraag 'kan dit ook mobiel', ontwikkelt het practicum zich nu 50 jaar later nog steeds, dankzij de inzet en passie van de mensen waarover je gaat lezen in dit boekje.

Heel veel leesplezier gewenst!

Namens het hele team,

Laura van Leeuwen

Utrecht, september 2022



Het practicum nu



Het practicum in de jaren '70

Ioniserende Stralen Practicum | ISP

Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling
 Editie ter ere van het 50-jarig jubileum van het mobiele ISP

De Universiteit Utrecht, waar het ISP onderdeel van is, heeft conform geldende wet- en regelgeving, en universitair beleid, voor deze publicatie alle geportretteerden op de foto's toestemming gevraagd of getracht te vragen aan de belanghebbenden. Dat is niet in alle gevallen gelukt. Alle betrokkenen hebben in het kader van de AVG altijd recht op verwijdering. Herkent u zichzelf of een naaste en bent u het met deze publicatie ondanks onze zorgvuldigheid niet eens, neemt u dan alstublieft contact met ons op. Dat kan met Laura van Leeuwen, practicumleider bij het ISP (via l.vanleeuwen1@uu.nl), en/of met de privacyfunctionarissen van de Faculteit der Bètawetenschappen (via privacy-beta@uu.nl).

© 2022 – Freudenthal Instituut (FI), www.freudenthalinstituut.nl
 Faculteit Bètawetenschappen, Universiteit Utrecht

A Princetonplein 5, 3584 CC Utrecht
 T 030 253 1178
 E science.isp@uu.nl
 W www.stralenpracticum.nl

Volg ons ook op instagram!



Aan de experimentator,

Onbekend maakt onbemind. Een regenboog zien we met onze ogen, en geluid horen we met onze oren. Maar voor het waarnemen van radioactiviteit of röntgenstraling hebben we geen zintuig. Zo merken we niet dat ons hele lichaam voortdurend aan ioniserende straling wordt blootgesteld.

Vanuit het heelal en vanuit de aardbodem ontvangen we straling. Ook ons eigen lichaam is radioactief. Deze altijd aanwezige straling noemen we achtergrondstraling. De dosis die we door deze achtergrondstraling oplopen wisselt nogal met de plaats op aarde. In Nederland gaat het om een gemiddelde equivalente dosis van zo'n 1,8 mSv/jaar.

In de natuurkundelessen heb je al het een en ander geleerd over de eigenschappen en wetmatigheden van radioactiviteit en röntgenstraling. Met het uitvoeren van enkele experimenten van het Ioniserende Stralen Practicum kun je die kennis verder uitbreiden. De gebruikte stralingsbronnen zijn zeer zwak en goed afgeschermd. Daardoor is de extra dosis van 0,2 μ Sv/uur die je bij dit practicum oploopt ongeveer gelijk aan de achtergrondstraling.

Het practicum bestaat uit ruim twintig verschillende experimenten. Bij het uitvoeren van deze experimenten zal je soms wat meer informatie nodig hebben. Voor specifieke informatie over het experiment kun je de QR code op het werkblad scannen met je telefoon. Voor algemene informatie, zoals enkellogaritmisch papier, stralingsrisico, of stralingsbelasting, kun je dit boekje raadplegen. Daarnaast zijn er een isotopenkaart en een begrippenlijst aanwezig.

Tijdens het practicum ligt bij elk experiment een werkblad met vragen en opdrachten over het verzamelen en verwerken van de meetgegevens. Als er iets niet duidelijk is in deze vragen en opdrachten, vraag dan hulp aan de practicumleider.

In het algemeen mag je in laboratoria tijdens een practicum niet eten of drinken. Dat geldt dus ook voor het Ioniserende Stralen Practicum. De meeste apparatuur waarmee je tijdens het practicum werkt zal onbekend voor je zijn. Daarom hebben we de knoppen waarmee je mag werken geel gemerkt. Als je de andere knoppen met rust laat, zijn de experimenten zonder problemen uit te voeren. Succes!

Utrecht, September 2022

De practicumleiders

Jan Beks, Laura van Leeuwen, Rob van Rijn

Op de ISP-website staat aanvullende informatie over de eigenschappen en effecten van ioniserende straling en over praktijktoepassingen zoals koolstofdatering, neutronen-activeringsanalyse, kunsthistorisch onderzoek, medische beeldvorming, productie van medische isotopen en materiaalonderzoek met röntgendiffractie: www.stralenpracticum.nl > voorbereiden > achtergrondinformatie



Inhoud

Practicum

Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling	9
Begrippenlijst	16
Isotopenkaart	20
Enkellogaritmisch grafiekpapier	22
Stralingsrisico	24
Stralingsbelasting	25

De onderdelen 'isotopenkaart' en 'enkellogaritmisch grafiekpapier' heb je nodig bij sommige opdrachten op de werkbladen bij de experimenten. De 'begrippenlijst' is handig om snel te betekenis van onbekende woorden op te zoeken.

Jubileum

Ontstaan van het mobiele practicum	10
Statistieken	12
Kookboek of onderzoek?	14
Tijdlijn	26
Anekdotes	28
Aanmeldkaartje	31
Dankwoord	32

Omwille van privacyredenen is de 'ISP Hall of Fame', met de portretten van (oud-) medewerkers, uit deze online versie van het boekje weggelaten. Mocht u interesse hebben om dit toch in te zien, kunt u bij de practicumleiders vragen om een papieren versie.

Experimenten met radioactieve bronnen en röntgenstraling

Experimenten

De experimenten zijn ingedeeld in drie categorieën. De volledige experimentbeschrijvingen zijn te vinden op de site.

1	Dracht van α -deeltjes in de lucht
2A en 2B	Radioactief verval van Radon-220
3	Statistische spreiding
4	Terugstrooiing van β -deeltjes
5	Absorptie van β -deeltjes in aluminium en perspex
6	Geiger-Müller telbuis
7	Energie van β -deeltjes
8	Stralingsintensiteit en afstand
9	Wilsonvat
10	Herstel van Protactinium-234
11	Opsporen van lood
12	Absorptie van γ -straling door lood
13	Kwalitatieve identificatie van radioactieve bronnen
14	Röntgenapparaat
15	Ionisatie van lucht door röntgenstraling
16	Bragg-reflectie
17	Gamma spectrometrie
18	Elasticiteitsmodulus van rubber
19	Dracht van α -deeltjes en luchtdruk
20	Radioactief verval van Protactinium-234
21	Ouderdomsbepaling van radioactieve bronnen
22	Absorptiecoëfficiënten van aluminium voor γ -straling
23	Röntgen-computertomografie

Categorieën

De experimenten zijn ingedeeld in de volgende drie groepen, te onderscheiden met een kleur:

Rood	Halveringstijd	2A – 2B – 10 – 20 – 21
Blauw	Absorptie	1 – 5 – 11 – 12 – 13 – 18 – 19 – 22
Groen	Diversen	3 – 4 – 6 – 7 – 8 – 9 – 14 – 15 – 16 – 17 – 23

Beschikbaarheid

De drie mobiele practica zijn uitgerust met de experimenten 1 t/m 21. De experimenten 1 en 19 zijn niet beschikbaar in Utrecht.



edu.nl/3ej7r

Scan QR code om naar experimentenpagina te gaan

In 1969 is bij de vakgroep natuurkunde didactiek het idee ontstaan om een stralingspracticum voor scholen in de omgeving van Utrecht samen te stellen. Dit omdat in het onderwijspakket het onderwerp een onderdeel van de examenstof was, en omdat de veiligheid met radioactieve bronnen goed te regelen viel. In het Fysisch laboratorium aan de Bijlhouwerstraat te Utrecht waren al een aantal uitgewerkte experimenten voor studenten aanwezig. Transitorium 1 was na diergeneeskunde het eerste gebouw voor de faculteit Natuur en Sterrenkunde. De vakgroep natuurkunde didactiek zat toentertijd op het Leidse Veer.

Daar kreeg het ISP een vaste opstelling. Als een school practicum kwam doen moesten de bronnen vanuit de Bijlhouwerstraat opgehaald worden. De onderwijs technicus Huib Wouterse fietste met een transportfiets van de ene naar de andere locatie, waar blijkbaar niemand van opkeek in die tijd.

Na de start van het ISP in 1969 werd het duidelijk dat het practicum voor scholen verder gelegen van Utrecht niet mogelijk was. Voor scholen is het een hele opgave om met meerdere klassen naar de practicumzaal op de Universiteit te komen. Daarom werd vanuit het NVON het idee geopperd om naast het vaste lab, een mobiel lab te ontwikkelen. Dit bleek een hele opgave, aangezien de apparatuur in die tijd niet in het handschoenenkastje zou passen. In het begin was er sprake van het gebruik van een grote bus, waar de leerlingen in ontvangen zouden worden. Maar Jan van der Lee, aangenomen voor dit project, dacht dat het wel makkelijker zou moeten kunnen. In 1972 kreeg hij de opdracht om het practicum mobiel te maken. Jan, instrumentenmaker van origine, had wel wat ideeën. In overleg met Theo Heij en Huib Wouterse en het personeel van de werkplaats keek hij naar mogelijkheden om de experimenten compacter te maken. Hij stuitte op weerstand. 'Jan, dat kan helemaal niet. Als je zo klein wilt meet je in de meetfout. De proef gaat al 40 jaar zo!' Een niet bevredigend antwoord vond Jan.

Om zijn kennis rondom het onderwerp uit te breiden ging Jan een cursus doen bij het Reactor Instituut in Delft. Jan hoorde daar dat ze in Israël compacte, mobiele apparatuur hadden. Dat bood openingen. Het was dus wél mogelijk. Dat zette hem verder aan het denken, en nam contact op met het ministerie van defensie. Met die kennis ging het mobiel maken van de apparatuur een flinke sprong vooruit.

Maar, de apparatuur moest niet alleen compacter, het moest natuurlijk ook werken in het practicumlokaal, en snel op te stellen zijn. Zo was het nodig hebben van (hoog) spanning niet altijd praktisch. Na veel experimenteren bleken 9 volt blokbatterijen te voldoen. Maar ook dit ging niet volledig zonder protest vanuit de werkplaats.

Toen de practica eenmaal compact genoeg waren, moest er nog worden bedacht hoe het allemaal vervoerd ging worden. Het was zodanig gelukt om de experimenten te verkleinen, dat er geen sprake meer was van een grote bus. Het zou waarschijnlijk wel in een bestelbus passen, misschien zelfs een stationwagen. De stationwagen werd gehuurd, en ze gingen aan de slag met passen en meten. Wat bleek, een Ford Taunus 16 L was ruim genoeg voor de spullen.

Echter, om op pad te kunnen moesten niet alleen de practicumspullen mee kunnen, maar moesten de radioactieve stoffen ook worden vervoerd. Dit kon in overleg met het reactorcentrum in Petten, waar ze ervaring hadden met het vervoer van (licht) radioactief materiaal. Ook moest het geheel worden getest. Hiervoor kon Jan terecht bij het OSG Schoonoord (nu Openbaar Lyceum Zeist). In de periode dat Jan daar kwam om het practicum uit te testen, was Kees Kastrop daar amanuensis. Toen Kees een jaar later bij het ISP kwam werken, werd die positie overgenomen door Ad Beune, die in 1989 zou aanschuiven bij het ISP.

Na een jaar, in 1973, was het tijd om daadwerkelijk op pad te gaan. Met de hulp van een secretaresse wist Jan de eerste scholen in te plannen. De scholen waren in eerste instantie wat terughoudend, maar uiteindelijk sloeg het aan. Het was zelfs zo succesvol, dat een jaar later, in 1974, een tweede mobiele set zou worden ingezet, met Kees Kastrop als practicumleider.

Na vijf jaar stopte Jan in 1977 met zijn werk bij het ISP. Het practicum liep goed, en er lagen weer nieuwe projecten op hem te wachten. Hij kon het ISP met een gerust hart overlaten aan Kees Kastrop, Kees van Koeveringe, en coördinator Theo Heij.

Dat dit inderdaad goed is gekomen blijkt nu vijftig jaar later, in 2022.



Vlnr: Kees Kastrop, Kees van Koeveringe, Theo Heij

Statistieken

In 50 jaar ISP zijn er een hoop scholen bezocht, practica uitgevoerd, en kilometers gereden. Vanuit documentatie van de eerste jaren ISP en de gegevens die we nu hebben, zijn er een aantal schattingen gemaakt.



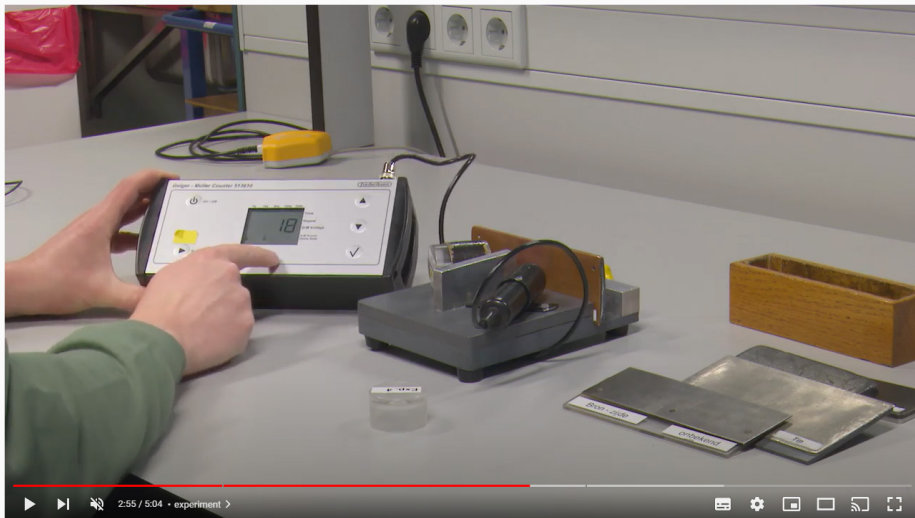
Statistieken



De veranderende didactiek van de practica

Het ISP bestaat dit jaar 50 jaar. In het practicum zijn dus ook vele jaren aan vakdidactische en algemeen didactische ontwikkelingen verwerkt. De eerste edities van dit geruchtmakende practicum -waaraan ondergetekende overigens zelf goed herinneringen bewaart!- waren gebaseerd op de didactiek van die dagen, die sterk docent-gestuurd was. Daarnaast is het werken met radioactieve materialen natuurlijk ook iets wat de nodige voorzichtigheid vereist, dus je wilt de leerlingen ook wel een beetje bij de hand nemen. Wel zo veilig.

Deze twee zaken resulteerden in een goed geordende aanpak van de practica: een stap-voor-stap instructie die de leerlingen in principe van A tot Z door het practicum leidt, inclusief de daarbij behorende berekeningen, de in te vullen tabellen en ruitjespapier voor de te tekenen grafieken. Deze werkbladen zijn inmiddels online in te zien en worden vergezeld van een boekje met daarin extra uitleg over de theorie, maar ook over de apparatuur. Al met al levert dit een veilige en prettige manier op om de practica te doen en de werkbladen en het boekje werden ieder jaar, net als de apparatuur, geëvalueerd, onderhouden en up-to-date gehouden.



Experiment_4-R-V3

Screenshot uit een van de begeleidende videos van het open practicum. In de video's wordt onder andere uitgelegd welke link het experiment heeft met de wereld buiten school, hoe de opstelling werkt, en hoe leerlingen een onderzoek kunnen opzetten. Scan de QR code om de video's te bekijken.



edu.nl/quphr

Maar met de voortschrijdende inzichten uit de onderwijskundige literatuur kwamen nieuwe ideeën het ISP binnen. Zouden we leerlingen niet een grotere rol kunnen geven bij het uitvoeren van de practica? Zouden we niet een meer onderzoekende benadering kunnen kiezen waarbij leerlingen zelf hun onderzoeksvragen opstellen, het plan uitwerken, de metingen uitvoeren en de gegevens interpreteren? Natuurlijk kan dat! In 2008 werd zo de zogenaamde "open" variant van het practicum geïntroduceerd. Geen kookboek, maar globale aanwijzingen en heel veel ruimte voor eigen inbreng. Inmiddels heeft meer dan de helft van de proeven ook een open variant. Scholen kunnen kiezen welke ze willen gebruiken, want een open variant duurt meestal wel iets langer.

Mondjesmaat begonnen de scholen deze open varianten in te zetten. En dat was voor de Universiteit Utrecht aanleiding, om eens te onderzoeken of dit nu ook echt werkt, dat zogenaamde "onderzoekende leren". En daarvoor kozen we een wat onorthodoxe benadering. In plaats van te onderzoeken of de leerlingen na het practicum een toetsje beter konden maken, onderzochten we hun motivatie, en dan met name hun autonome motivatie. Met andere woorden: vonden ze de practica ook echt nuttiger en leuker wanneer ze de open variant deden? Verschillende afstudeerders (waaronder Rob zelf!) voerden dat onderzoek uit. Waarom motivatie en niet gewoon leeropbrengst? Omdat het bekend is dat een betere, autonomere motivatie niet alleen leidt tot betere resultaten, maar dat de leerlingen zich er ook beter bij voelen! Twee vliegen in één klap dus.

Het onderzoek duurde een hele tijd, want het bleek véél ingewikkelder dan we dachten: het is namelijk helemaal niet zo, dat leerlingen automatisch gemotiveerder raken van een open variant. Nee, ze moeten daarbij op een heel specifieke manier ondersteund worden. Ze vinden het heerlijk dat ze veel eigen inbreng hebben, maar ja: je moet wel weten, wat je moet doen, en wanneer! Na veel vragenlijsten en interviews zijn we erin geslaagd om de open variant heel ondersteunend te maken: met werkbladen met allerlei vragen en suggesties en filmpjes om de leerlingen te laten zien hoe ze de apparatuur moeten bedienen. En dát werkte. We kunnen nu wetenschappelijk onderbouwd zeggen dat de open variant écht beter motiverend is.

Dus scholen: pak deze kans en neem die open variant, zou ik zeggen. Van harte aanbevolen.

Ralph Meulenbroeks

Begrippenlijst

Absorber	Materiaal dat straling absorbeert
Absorptie	Versijnsel waarbij straling door materie verzwakt wordt
Achtergrondstraling	Straling afkomstig van radioactieve stoffen uit de natuur, zowel van binnen als buiten het menselijk lichaam – ook wel natuurlijke radioactiviteit genoemd
Activiteit (A)	Aantal desintegraties per seconde in een radioactieve bron, uitgedrukt in de eenheid becquerel (Bq)
Alfa-deeltje (α)	Positief geladen heliumkern, bestaande uit twee protonen en twee neutronen
Alfa-straling (α)	Bundel α -deeltjes
Annihilatie	Proces waarbij een positron en een elektron worden omgezet in twee fotonen
Atoomnummer (Z)	Aantal protonen in een atoomkern
Becquerel (Bq)	Sleenheid van activiteit: 1 Bq = 1 desintegratie per seconde
Bèta⁻-deeltje (β^-)	Negatief geladen deeltje met een massa van 1/1837 van een protonmassa. Het is als deeltje gelijk aan een elektron
Bèta⁺-deeltje (β^+)	Positief geladen deeltje met een massa van 1/1837 van een protonmassa. Het is als deeltje gelijk aan een positron
Bètastraling (β)	Bundel β -deeltjes of β^+ -deeltjes
Bragg-reflectie	Interferentie van röntgenstraling aan de roostervlakken van een kristal
Collimator	Diafragma voor een bundel deeltjes of straling
Comptoneffect	Elastische wisselwerking tussen een γ -foton en een elektron: het γ -foton draagt een deel van zijn energie over aan het elektron – één van de manieren waarop γ -straling zijn energie in materie verliest
Curie (Ci)	Oude eenheid van activiteit: 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq. Bij benadering is dit de activiteit van 1 g radium
Detector	Materiaal of instrument dat gevoelig is voor straling
Dosis (D)	Geabsorbeerde stralingsenergie per kg materie, uitgedrukt in de eenheid gray (Gy)
Dosismeter	Instrument dat de ontvangen dosis registreert
Dosistempo	Dosis per tijdseenheid
Dracht (R)	Maximale afstand die een deeltje in materie aflegt

Begrippenlijst

Elektromagnetische straling	Gecombineerde verandering van een elektrisch veld en een magnetisch veld, die zich voortplant met de lichtsnelheid – bijvoorbeeld radiogolven, licht, röntgen- en γ -straling
Elementair deeltje	Materiedeeltje zoals het neutron, proton, elektron, neutrino en muon
Equivalente dosis (H)	Dosis vermenigvuldigd met een weegfactor afhankelijk van de soort straling (weegfactor 1 voor β^- , γ - en röntgenstraling, weegfactor 20 voor α -straling), uitgedrukt in de eenheid sievert (Sv)
Exposie	Gevormde lading per kg lucht bij ionisatie door röntgenstraling, uitgedrukt in de eenheid röntgen (R)
Exposietempo	Exposie per tijdseenheid
Extrapoleren	Een lijn in een grafiek in gedachten verlengen
Filmbadge	Dosismeter met een fotografische film. De ontvangen dosis wordt bepaald uit de zwarting van de film
Fluorescentie	Vermogen van bepaalde stoffen om geabsorbeerde energie (van bijvoorbeeld röntgenstraling) om te zetten in licht
Gamma-foton (γ)	Energiepakketje $E_f = h \cdot f$ in hoogenergetische elektromagnetische straling
Gammastraling (γ)	Bundel γ -fotonen
GeigerMüller telbuis	Detector voor ioniserende straling (vooral gevoelig voor α - en β -deeltjes): door ionisatie van het gas in de buis ontstaat een elektrische ontlading, die als elektrische puls te meten is
Gray (Gy)	SI-eenheid van dosis: 1 Gy = 1 J/kg
Halveringsdikte ($d_{1/2}$)	Dikte van een materiaal waarbij de helft van de invallende γ -straling wordt geabsorbeerd
Halveringstijd ($t_{1/2}$)	Tijdsduur waarin de helft van een hoeveelheid radioactieve stof verval
Ionisatie	Proces waarbij ionen worden gevormd
Ionisatiekamer	Detector voor ioniserende straling: door ionisatie wordt het gas in de kamer geleidend, wat te meten is in de vorm van een elektrische stroom
Ioniserende straling	Straling die atomen of moleculen ioniseert, zoals röntgenstraling en α -, β - en γ -straling

Begrippenlijst

Isomeren	Nucliden met hetzelfde aantal protonen en neutronen, maar met een verschillende energietoestand van de kern (grondtoestand en aangeslagen toestanden van de kern)
Isotopen	Nucliden met hetzelfde aantal protonen, maar met een verschillend aantal neutronen (het atoomnummer is hetzelfde, het massanummer verschilt)
Kosmische straling	Hoogenergetische straling uit het heelal
Kwadratenwet	Afname van de stralingsintensiteit I met het kwadraat van de afstand r tot de (punt)bron: $I \sim 1/r^2$.
Massagetal (A)	Aantal protonen en neutronen in een atoomkern
Metastabiel	Aangeslagen toestand van een atoom. Het atoom heeft een hogere energie dan in zijn grondtoestand.
Multichannel analyser (MCA)	Elektronische schakeling die de spanningpuls van een scintillatiedetector telt en op pulshoogte sorteert
Neutrino	Ongeladen elementair deeltje met een verwaarloosbaar kleine massa – zeer moeilijk waar te nemen vanwege de zeer geringe wisselwerking met materie
Nuclide	Algemene term voor atoomkernen
Paarvorming	Omzetting van energie (bijvoorbeeld een γ -foton) in materie onder invloed van een elektrisch of magnetisch veld, zodat een deeltje met zijn anti-deeltje ontstaat (bijvoorbeeld een elektron en een positron)
Positron	Zie β^+ -deeltje
Puls	Kortdurend elektrisch signaal
Pulsenteller	Instrument dat elektrische pulsen van bijvoorbeeld een GM-telbuis telt
Rad	Oude eenheid van dosis: $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ J/kg}$
Radioactief verval	Spontane transformatie van een instabiele kern in een andere kern of in een andere energietoestand
Radioactieve bron	Hoeveelheid radioactief materiaal, meestal in een gesloten omhulsel
Radioactiviteit	Vermogen van bepaalde kernen om spontaan een α - of β - deeltje of een γ -foton uit te zenden
Rem	Oude eenheid van equivalente dosis (röntgen equivalent man)
Remstraling	Röntgenstraling die ontstaat als versnelde elektronen worden afgeremd door het elektrisch veld van een atoomkern

Begrippenlijst

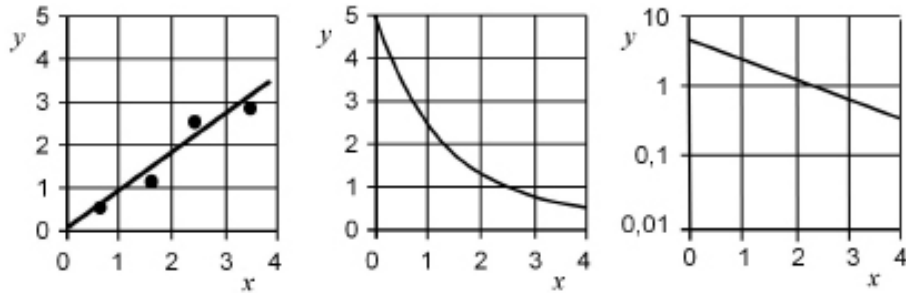
Röntgen (R)	Eenheid van exposie: $1 \text{ R} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$
Röntgenstraling	Elektromagnetische straling met een golflengte van rond de $0,1 \text{ nm}$. Deze straling ontstaat als remstraling of wanneer een 'gat' in een binnenschil van een atoom door een elektron uit een hogere schil wordt opgevuld
Scintillatiedetector	Detector voor ioniserende straling (vooral gevoelig voor γ -straling): door fotonen veroorzaakte lichtflitsjes (scintillaties) in een scintillatiekristal worden omgezet in spanningpuls
Sievert (Sv)	SI-eenheid van equivalente dosis: $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$ voor β -, γ - en röntgenstraling, $1 \text{ Gy} = 20 \text{ Sv}$ voor α -straling
Spectrometrie	Analyseren van straling naar bijvoorbeeld golflengte, energie of frequentie
Terugstrooiing	Wisselwerking van deeltjes met materie, waarbij de bewegingsrichting van de deeltjes min of meer omkeert (reflectie)
Tracer (spoorzoeker)	Radioactieve isotoop die gebruikt wordt om chemische of biologische processen in bijvoorbeeld het menselijk lichaam te volgen.
Verstrooiing	Wisselwerking van deeltjes met materie, waarbij de bewegingsrichting van de deeltjes willekeurig verandert
Vervalreeks	Opeenvolgend verval van een radioactief nuclide (de moedernuclide), waarbij steeds nieuwe radioactieve nucliden (de dochternucliden) ontstaan
Weegfactor	Een maat voor de schadelijkheid van de soort ioniserende straling in het menselijk lichaam.

Isotopenkaart

aantal protonen	91	Pa215 14 ms 8.09 MeV	Pa216 105 ms 7.95 MeV	Pa217 1.1 ms 10.2 MeV	Pa218 113 µs 9.62 MeV	Pa219 53 ns 9.90 MeV	Pa220 0.78 µs 9.65 MeV	Pa221 5.9 µs 9.08 MeV	Pa222 4.3 ms 8.21 MeV	Pa223 6.5 ms 8.01 MeV	Pa224 0.95 s 7.56 MeV	Pa225 1.8 s 7.25 MeV	Pa226 1.8 m 6.86 MeV	Pa227 38.3 m 6.46 MeV	Pa228 22 h	Pa229 1.50 d	Pa230 17.4 d	Pa231 3.28·10 ⁴ y 5.01 MeV	Pa232 1.31 d 0.3 MeV	Pa233 27.0 d 0.3 MeV	Pa234 1.17 m 2.3 MeV	Pa235 24.2 m 1.4 MeV
	90	Th214 0.10 s 7.68 MeV	Th215 1.2 s 7.39 MeV	Th216 26.0 ms 7.92 MeV	Th217 237 µs 9.26 MeV	Th218 0.1 µs 9.67 MeV	Th219 1.05 µs 9.34 MeV	Th220 9.7 µs 8.79 MeV	Th221 1.68 µs 8.15 MeV	Th222 2.24 µs 7.98 MeV	Th223 0.66 s 7.32 MeV	Th224 1.04 s 7.17 MeV	Th225 8.72 m 6.48 MeV	Th226 31 m 6.34 MeV	Th227 18.72 d 6.04 MeV	Th228 1.91 y 5.42 MeV	Th229 7880 y 4.85 MeV	Th230 7.45·10 ⁴ y 4.69 MeV	Th231 25.5 h 0.3 MeV	Th232 1.4·10 ¹⁰ y 4.01 MeV	Th233 22.3 m 1.2 MeV	Th234 24.10 d 0.2 MeV
	89	Ac213 0.8 s 7.36 MeV	Ac214 8.2 s 7.22 MeV	Ac215 0.17 s 7.60 MeV	Ac216 0.44 ms 9.03 MeV	Ac217 69 ns 9.65 MeV	Ac218 1.1 µs 9.21 MeV	Ac219 11.8 µs 9.04 MeV	Ac220 26 ms 8.66 MeV	Ac221 52 ms 7.85 MeV	Ac222 5.0 s 7.01 MeV	Ac223 2.10 m 6.65 MeV	Ac224 2.9 h	Ac225 31 m 6.34 MeV	Ac226 29 h 0.9 MeV	Ac227 21.77 y 0.04 MeV	Ac228 6.13 h 1.2 MeV	Ac229 62.7 m 1.1 MeV	Ac230 122 s 2.7 MeV	Ac231 7.5 m	Ac232 119 s	Ac233 145 s
	88	Ra212 13.0 s 6.90 MeV	Ra213 2.74 m 6.62 MeV	Ra214 2.46 d 7.14 MeV	Ra215 1.67 ms 8.70 MeV	Ra216 0.18 µs 9.35 MeV	Ra217 1.6 µs 8.99 MeV	Ra218 25.6 µs 9.04 MeV	Ra219 4.0 m 8.39 MeV	Ra220 23 ms 7.46 MeV	Ra221 28 s 6.61 MeV	Ra222 38 s 6.56 MeV	Ra223 11.43 d 5.72 MeV	Ra224 3.66 d 5.69 MeV	Ra225 14.8 d 0.3 MeV	Ra226 1600 y 4.78 MeV	Ra227 42.2 m 1.3 MeV	Ra228 5.75 y 0.04 MeV	Ra229 4.0 m 1.8 MeV	Ra230 93 m 0.8 MeV	Ra231 103 s	Ra232 4.2 m
	87	Fr211 3.10 m 6.54 MeV	Fr212 20 m	Fr213 34.6 s 6.78 MeV	Fr214 5.0 ms 8.43 MeV	Fr215 0.09 µs 9.36 MeV	Fr216 0.70 µs 9.01 MeV	Fr217 16 µs 9.01 MeV	Fr218 1.0 ms 7.87 MeV	Fr219 21 ms 7.31 MeV	Fr220 27.4 s 6.68 MeV	Fr221 4.9 m 6.34 MeV	Fr222 14.2 m 1.8 MeV	Fr223 21.3 m 1.1 MeV	Fr224 3.3 m 2.6 MeV	Fr225 4.0 m 1.6 MeV	Fr226 48 s 3.2 MeV	Fr227 2.47 m 1.8 MeV	Fr228 39 s	Fr229 50.2 s	Fr230 19.1 s	Fr231 17.5 s
	86	Rn210 2.4 h 6.04 MeV	Rn211 14.6 h	Rn212 24 m 6.26 MeV	Rn213 19.5 ms 8.09 MeV	Rn214 0.27 µs 9.04 MeV	Rn215 2.3 µs 8.67 MeV	Rn216 0.3 ms 7.80 MeV	Rn217 0.54 ms 7.74 MeV	Rn218 35 ms 7.07 MeV	Rn219 3.96 s 6.82 MeV	Rn220 55.6 s 6.29 MeV	Rn221 25 m 0.8 MeV	Rn222 3.825 d 5.49 MeV	Rn223 23.2 m	Rn224 1.78 h	Rn225 4.5 m	Rn226 7.4 m	Rn227 22.5 s	Rn228 65 s	143	144
	85	At209 5.4 h	At210 8.3 h	At211 7.22 h	At212 314 ms 7.88 MeV	At213 0.11 µs 9.08 MeV	At214 0.56 µs 8.79 MeV	At215 0.1 ms 8.03 MeV	At216 0.3 ms 7.80 MeV	At217 32.3 ms 7.07 MeV	At218 ~2 s 6.69 MeV	At219 0.9 m 6.27 MeV	At220 3.71 m	At221 2.3 m	At222 54 s	At223 50 s	139	140	141	142		
	84	Po208 2.898 y 5.12 MeV	Po209 102 y 4.88 MeV	Po210 138.38 d 5.30 MeV	Po211 0.516 s 7.45 MeV	Po212 0.3 µs 8.79 MeV	Po213 4.2 µs 8.38 MeV	Po214 164 µs 7.67 MeV	Po215 1.78 ms 7.39 MeV	Po216 0.15 s 6.78 MeV	Po217 1.53 s 6.54 MeV	Po218 3.05 m 6.00 MeV	Po219 >300 ns	Po220 >300 ns	137	138						
	83	Bi207 31.55 y	Bi208 3.68·10 ⁵ y	Bi209 1.9·10 ¹⁹ y 3.14 MeV	Bi210 5.013 d 1.2 MeV	Bi211 2.17 m 6.62 MeV	Bi212 60.60 m 2.3 MeV	Bi213 45.59 m 1.4 MeV	Bi214 19.9 m 1.5 MeV	Bi215 7.7 m	Bi216 2.17 m	Bi217 98.5 s	Bi218 33 s 3.5 MeV	136								
	82	Pb206 24.1%	Pb207 22.1%	Pb208 52.4%	Pb209 3.253 h 0.6 MeV	Pb210 22.3 y 0.02 MeV	Pb211 36.1 m 1.4 MeV	Pb212 10.64 h 0.3 MeV	Pb213 10.2 m	Pb214 26.8 m 0.7 MeV	133	134	135									
	124	125	126	127	128	129	130	131	132													
	aantal neutronen																					

Lineair verband

Om het verband tussen twee variabele grootheden te bepalen, zet je de meetresultaten uit in een diagram en teken je een vloeiende lijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit. Dat laatste lukt het best als die lijn een rechte lijn is, zoals in figuur 1. In dit geval zijn de grootheden x en y recht evenredig: $y = a \cdot x$. Je kunt de grafiek nu gebruiken om te *interpoleren* en om de waarde van de evenredigheidsconstante a in de formule $y = a \cdot x$ zo nauwkeurig mogelijk te bepalen.



Figuur 1 – De functie $y = a \cdot x$ Figuur 2 – De functie $y = 5 \cdot a^x$ met $a = 0,5$ Figuur 3 – De functie $y = 5 \cdot a^x$ op enkellogaritmisch papier

Exponentieel verband

Als het verband tussen de grootheden x en y de vorm $y = ax$ heeft (zoals in figuur 2), dan is het tekenen van een vloeiende lijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit wat lastiger. Bij radioactiviteit komt een dergelijk *exponentieel verband* tussen de grootheden x en y voor bij radioactief verval en bij absorptie van straling door materialen.

Radioactief verval – Het exponentiële verband $y = a^x$ is herkenbaar in de formule voor de activiteit A_t van een radioactieve bron als functie van de tijd t :

$$A_t = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{t/t_{1/2}}$$

In deze formule is de activiteit A_t te vergelijken met de grootheid y en is de tijd t te vergelijken met de grootheid x . Voor het getal a geldt in dit geval: $a = 0,5$.

Absorptie van straling – Een vergelijkbaar exponentieel verband geldt voor de intensiteit I_d van de doorgelaten γ -straling als functie van de materiaaldikte d :

$$I_d = I_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{d/d_{1/2}}$$

In deze formule is de intensiteit I_d te vergelijken met de grootheid y en is de dikte d te vergelijken met de grootheid x . En ook hier geldt: $a = 0,5$.

In beide gevallen krijg je een grafiek in de vorm van een rechte lijn door het gebruik van *enkellogaritmisch* grafiekpapier.

Enkellogaritmisch grafiekpapier

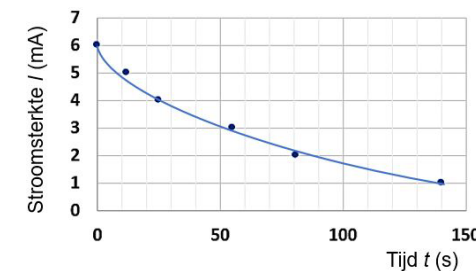
Als het verband tussen de grootheden x en y de vorm $y = a^x$ heeft (zie figuur 2), dan geldt volgens de logaritme-theorie in de wiskunde: $\log y = \log (a^x) = x \cdot (\log a)$. Hierin is $(\log a)$ een getal: $(\log a) = \log (1/2) = -0,30$ als het gaat om radioactief verval of om absorptie van straling. Je kunt dus ook zeggen dat het verband tussen $\log y$ en x recht evenredig is: $\log y = -0,30 \cdot x$. Dat betekent: als we in een diagram langs de verticale as $\log y$ uitzetten (in plaats van y) en langs de horizontale as x , krijgen we een rechte lijn als grafiek.

Voor het maken van zo'n grafiek gebruik je *enkellogaritmisch* grafiekpapier: grafiekpapier met een logaritmische y -as. De grafiek in figuur 2 komt er dan uit te zien zoals de grafiek in figuur 3: een (zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluitende) dalende rechte lijn. Uit zo'n grafiek kun je door interpoleren vrij nauwkeurig de halveringstijd $t_{1/2}$ of de halveringsdikte $d_{1/2}$ bepalen.

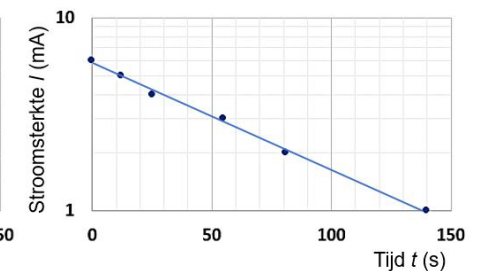
In figuur 4 en 5 zie je een voorbeeld, waarbij de meetresultaten uit tabel 1 zijn uitgezet op normaal en enkellogaritmisch grafiekpapier. De meetresultaten van tabel 1 geven het radioactief verval van radon-220 weer (zie experiment 2A). De halveringstijd van dit nuclide is uit de rechtergrafiek nauwkeuriger te bepalen dan uit de linkergrafiek.

Tabel 1. De meetresultaten bij experiment 2A over het radioactief verval van radon-220.

stroomsterkte I (mA)	6	5	4	3	2	1
meettijd t (s)	0	12	25	55	81	140



Figuur 4. De meetresultaten uit tabel 1 uitgezet op normaal grafiekpapier



Figuur 5. De meetresultaten uit tabel 1 uitgezet op enkellogaritmisch grafiekpapier

De mens staat voortdurend bloot aan ioniserende straling uit natuurlijke bronnen. Dit veroorzaakt een gemiddelde equivalente dosis van zo'n 1,67 mSv per jaar. Maar deze dosis varieert in Nederland met een factor drie, afhankelijk van de woon- en werkomgeving. Daar komt dan nog een gemiddelde equivalente dosis van 1,24 mSv per jaar bij door het gebruik van kunstmatige bronnen bij medische diagnostiek.

Een stralingsdosis kan schade aan het lichaam veroorzaken, zoals het op termijn optreden van leukemie en de vorming van tumoren. Daarom moet de extra stralingsbelasting door kunstmatige bronnen zo laag mogelijk blijven, onder andere door het afwegen van de voor- en nadelen van het gebruik van straling. Zo zal men bij een beenbreuk toch een röntgenfoto maken om te zien of de botdelen weer goed tegen elkaar aan zijn gezet. Het voordeel van een goed genezen beenbreuk weegt op tegen het nadeel van de extra opgelopen dosis.

Uit onderzoek is bekend dat een toename van de equivalente dosis een toename van de schade aan het lichaam tot gevolg heeft. In de tabel hieronder staan enkele risicotellingen: het aantal sterfgevallen per jaar per miljoen mensen door verschillende soorten kanker bij een extra opgelopen equivalente dosis van 10 mSv.

Weefsel/orgaan	Aantal per jaar per miljoen mensen	Risicotijd (jaar)
Beenmerg	1,0	20
Longen	0,5	40
Bot	0,1	40
Borst (vrouwen)	1,6	40
Schildklier	0,1	40
Totaal (man)	2,5	40
Totaal (vrouw)	3,5	40

Met de getallen in de tabel is te berekenen dat een toename van het 'natuurlijke' stralingsniveau van zo'n 2 naar 4 mSv per jaar in Nederland (met 17,5 miljoen inwoners) zal leiden tot het overlijden van 1,5 personen per jaar aan longkanker. Dit aantal is klein vergeleken met de vele duizenden die jaarlijks aan kanker overlijden.

Naast deze effecten op lange termijn kan er ook sprake zijn van genetische effecten. Zo neemt men aan dat iedere mSv die de bevolking oploopt leidt tot de geboorte van twee kinderen met genetische afwijkingen per miljoen levend geboren. Ook dit aantal is klein vergeleken met de 60 à 90 duizend per miljoen geboren met genetische afwijkingen als gevolg van andere oorzaken.

Zeer hoge stralingsdoses zoals bij kernongevallen of kernbomexplosies tasten het natuurlijk afweermecanisme van de slachtoffers aan. Ze overlijden aan infectieziekten. De equivalente dosis waarbij 50% van de slachtoffers overlijdt is naar schatting 3,5 à 4 Sv. Bij een dosis van meer dan 10 respectievelijk 50 Sv ontstaat onherstelbare schade aan het darmstelsel en het centraal zenuwstelsel, met overlijden binnen enkele dagen of uren. Dergelijke hoge doses komen voor bij een kernbomexplosie. Maar in dat geval overlijden de slachtoffers meestal direct aan de gevolgen van de hoge temperatuur en de schokgolf.

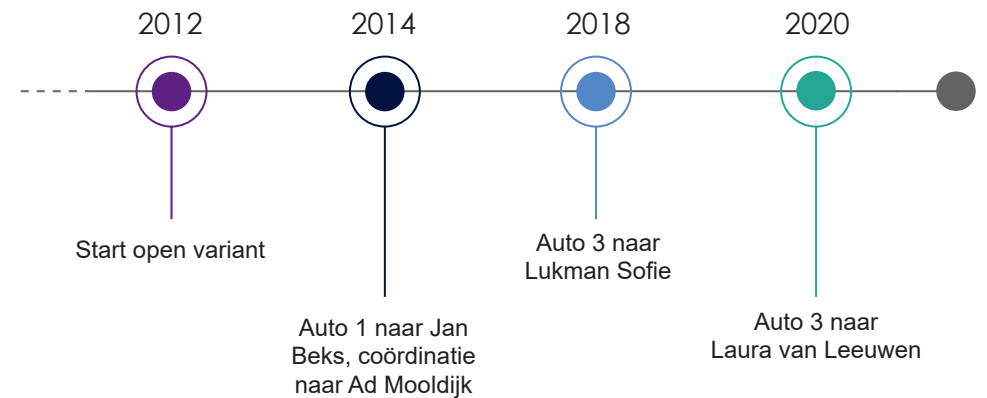
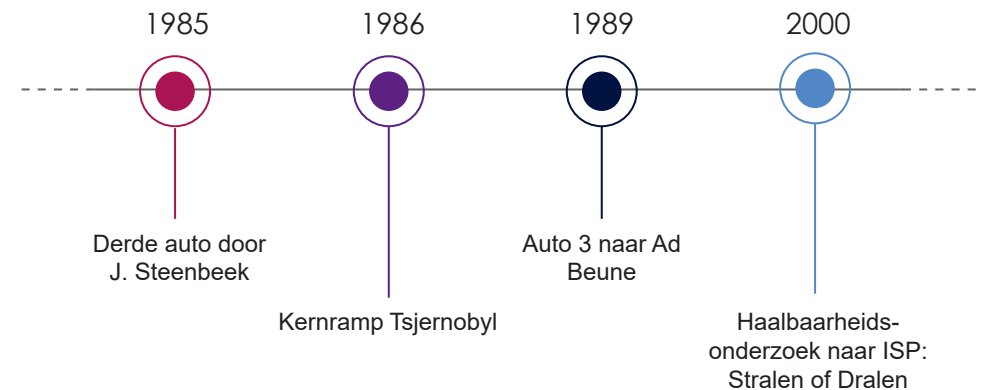
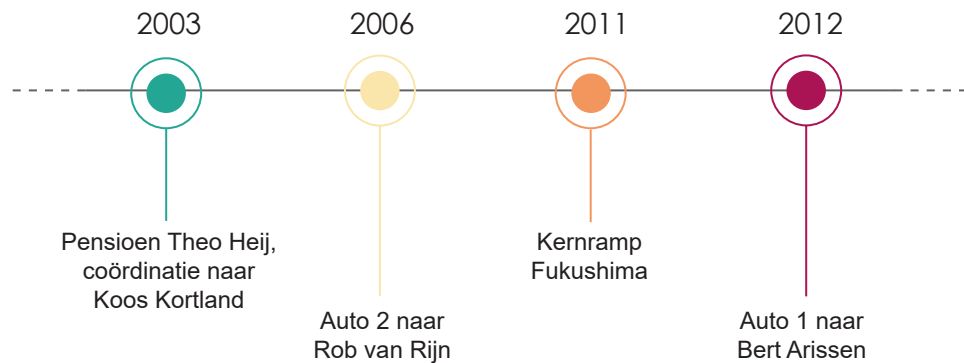
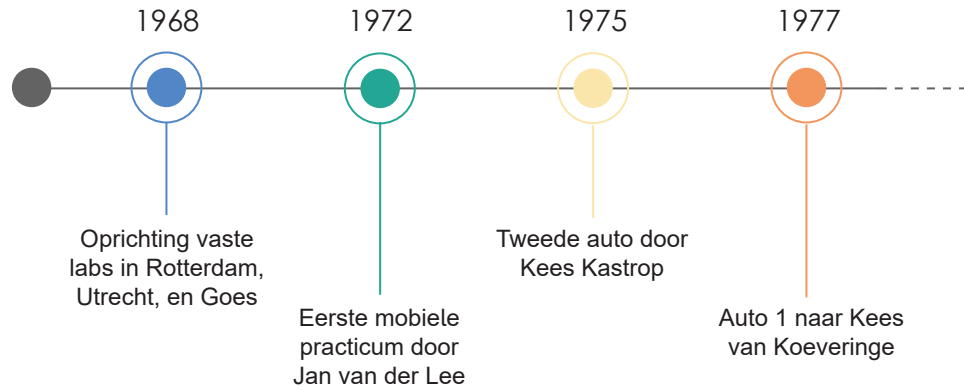
Je leeft in een omgeving waarin je blootgesteld wordt aan ioniserende straling. Door het invullen van de tabel hieronder krijg je een indruk van de equivalente dosis (in mSv/jaar) die je daarbij oploopt. Bedenk daarbij wel dat het gaat om niet meer dan een indruk, want met name de stralingsbelasting door radon in de lucht (afkomstig uit de bodem en uit bouwmaterialen) is sterk afhankelijk van je woon- en werkomgeving.

Bijdrage uit	Stralingsbronnen	Waarde	Eenheid
Leefomgeving	Kosmische straling (op zeeniveau)	0,22	mSv/jaar
	Bodem	0,04	mSv/jaar
	Water en voedsel	0,15	mSv/jaar
	Lucht	0,66	mSv/jaar
	Bouwmaterialen	0,35	mSv/jaar
Vrije tijd	Vliegreis (10 km hoogte)	5	μSv/uur
	Wintersportvakantie (2 km hoogte)	30	μSv/week
Medisch	Röntgenfoto borstholte	90	μSv
	Röntgenfoto gebit	0,01	mSv
	Röntgenfoto borsten (mammografie)	0,84	mSv
	Röntgenfoto hoofd-nekgebied	0,2	mSv
	Röntgenfoto heup	0,8	mSv
	Röntgenfoto beenbreuk	1	mSv
	CT-scan hoofd	1,3	mSv
	CT-scan abdomein (gehele buik)	11,2	mSv
	Scintigram schildklier met ¹³¹ I	4,3	mSv
	Scintigram skelet met ^{99m} T	6	mSv
Petscan	4,8	mSv	
Onderwijs	Ioniserende Stralen Practicum:	0,2	μSv/uur
	Totale equivalente dosis in mSv/jaar		mSv/jaar

Op de ISP-website staat aanvullende informatie over stralingsbronnen, over de bijdrage die ze leveren aan de stralingsbelasting en over de effecten van ioniserende straling: www.stralenpracticum.nl > voorbereiden > achtergrondinformatie > effecten van ioniserende straling (pdf)



edu.nl/cakhg



Oud practicumleider Kees van Koeveringe heeft een aantal anekdoten op papier gezet. Deze zijn hier te lezen.

Over Den Haag

Ergens in de jaren 1990 stond het voortbestaan op de tocht. In Den Haag was het idee ontstaan om het practicum op een beeldplaat te zetten. Alle scholen kregen afspeelapparatuur en zo'n beeldplaat met alle experimenten daarop.

Voor ons een reden de beslissende mensen uit te nodigen in Utrecht, waar we het practicum hebben opgebouwd. Alle speakers van de Geiger tellers stonden aan toen de delegatie binnen kwam. Men vroeg zich af of het niet gevaarlijk was om binnen te komen. Het was de achtergrondstraling die men hoorde, maar de impact daarvan was groot genoeg om de delegatie te overtuigen dat zelf het practicum doen veel beter is. Later met de bronnen erbij was het snel duidelijk dat we verder konden, zoals de jaren daarvoor.

Over het opbouwen van het practicum

De eerste jaren met het practicum op stap was niet altijd even gemakkelijk. Tegenwoordig heb je prachtige practicum lokalen met 230 volt op tafels. Toen hadden we een kist met haspels en stekkerdozen bij ons om alles aan elkaar te knopen. Er waren wel tafels in een practicum opstelling, maar alleen met laagspanning erop. Alle lege kisten werden voor de veiligheid tussen de tafels geplaatst, zodat de leerlingen voorzichtig buitenom naar hun plaats konden gaan. Toch gebeurde het dat complete opstellingen op de grond terecht kwamen. De schade viel meestal mee, maar het was bij het opbouwen een heel gedoe.

Over schoolbezoeken

Bij de bezoeken aan de scholen gemeenschap in Heerenveen kreeg ik als dank Oranje koek en een fles Berenburger. Ik gaf aan dat niet nodig was, want het was gewoon mijn werk waar ik een salaris voor kreeg. Het jaar daarop kreeg ik toch weer Oranje koek en een fles NIKS. Prima, ik had toch aangegeven dat ik er niks voor wilde hebben. Thuis bleek dat het geen water was maar jonge jenever.

Het Amsterdams Gymnasium zat aan de Herengracht. Met de kaart op je schoot probeerde je veilig door Amsterdam op het adres aan te komen. Daar sta je dan aan de Herengracht met een aantal toeterende auto's achter je. Snel uitladen en een half uur zoeken naar een parkeerplaats was geen fijne start van de dag.

Daarnaast moest alles naar 3 hoog zonder lift, maar uiteindelijk had ik toch een topdag. Het jaar daarop had de school op ons verzoek een parkeer ontheffing aangevraagd, zodat we snel en efficiënt het practicum konden opbouwen.

Over kernenergie

We hebben ook de tijd meegemaakt dat leerlingen tegen kernenergie waren. De protesten tegen de kerncentrale in Dodewaard waren een dagelijkse bezigheid. We stonden aan de deur van het lokaal leerlingen uit te leggen dat het practicum op een veilige manier gedaan kon worden. Als men dan toch niet wilde kreeg men de opdracht met een Geigerteller het stralingsniveau op school in kaart te brengen. Daarna in het vaklokaal meten en de meeste leerlingen gingen overstag om deel te nemen aan het practicum. We hadden ook een map met achtergrondinformatie om leerlingen op de hoogte te brengen v.w.b. ioniserende straling etc.

Het gebeurde een keer dat ik bij een school in Gorinchem niet door het hek kon. Er was door leerlingen een groot slot op het hek gezet om zo te protesteren tegen het ISP. De conciërge had een grote betonschaar en ik werd binnen gelaten.

Over lange autoritten

Op de lange ritten naar het zuiden sloeg soms de verveling toe bij Kees Kastrop.

Muziek was, naast voetbal en werk, zijn passie. Hij speelde piano, trekzak en trompet. Genoeg tijd onderweg om te musiceren en daar had hij iets op gevonden. Met een klein trompetje kon hij lekker oefenen onderweg. Hij had op een gegeven moment niet door dat een Volvo naast hem kwam rijden en weer terug zakte en later voor hem ging rijden en hij aangehouden werd. Het bleek een opname van Blik op de Weg te zijn.

Uiteraard werd hij aangesproken wat hij in het verkeer aan het doen was. Kees gaf aan dat hij liever de piano bij zich had, maar dat deze niet paste in zijn auto. Met veel humor bij de opname kon hij de reis zonder bon voortzetten.



Kees bij Blik op de weg



Opname bekijken? Scan de QR code!

edu.nl/gjt3a

Over unieke uitjes met collega's

Met 2 auto's op de weg was het te druk voor de vaste medewerkers, Kees en Kees. Een natuurkunde student Fred Hendriks nam een dag per week voor zijn rekening. Fred was een vogelaar en toen hij hoorde dat ik naar Texel moest kwam hij met het idee al zondagmiddag naar Texel te rijden om op zoek te gaan naar de IJsvogel in de Sluffer. Op Texel aangekomen kwam de regen met bakken uit de hemel. Met lappen plastic over onze kleding gingen we op zoek en inderdaad dacht hij een IJsvogel gespot te hebben, maar er was geen zekerheid. Maandag na het practicum wij weer terug om te kijken of het echt een IJsvogel was. Helaas bleek het een Pimpelmees te zijn

Over een bijzondere band met scholen

Ik (Kees van Koeveringe) heb 35 jaar met heel plezier bij het ISP gewerkt en één van de scholen heb ik al die jaren bezocht. Dat was het Trevianum in Sittard. Eerst een heel oud gebouw in het centrum en later een prachtig gebouw met daarop een sterrenwacht aan de rand van Sittard. Het was een grote school, waar je meerdere dagen aan het werk was. Deze waren altijd voor het weekend van het Carnaval gepland en dat bleek later niet zo'n gelukkige keuze te zijn. Donderdag ging prima, maar vrijdag ws de school helemaal in de stemming van het Carnaval. De leerlingen kwamen verkleed het lokaal binnen en veel hadden een klein flesje bij zich. Daar bleek sterke drank in te zitten en niet echt bevorderlijk om goed practicum te doen.

Er was altijd vlaai bij de koffie en dat zal nog wel zo zijn.



Het practicum op het Trevianum voor het carnavalsweekend

De docenten die al langer het ISP aanvragen zullen het zich wellicht nog kunnen herinneren. Vroeger, voordat email of zelfs het internet bestond, konden de scholen zich inschrijven met behulp van aanmeldkaartjes. Deze werden naar de scholen toegestuurd, zodat ze ingevuld weer terug op de post konden. Daar werden al die aanmeldkaartjes zorgvuldig met de hand verwerkt in de planning. Gelukkig gaat dat tegenwoordig een stuk efficiënter!

Onze voorkeur voor een bezoek gaat uit naar de hieronder aangegeven periode; (Beslist niet op dag.)

september	2 ^e helft <input type="checkbox"/>	januari	1 ^e helft <input type="checkbox"/>
oktober	1 ^e helft <input type="checkbox"/>		2 ^e helft <input type="checkbox"/>
	2 ^e helft <input type="checkbox"/>	februari	1 ^e helft <input type="checkbox"/>
november	1 ^e helft <input type="checkbox"/>		2 ^e helft <input type="checkbox"/>
	2 ^e helft <input type="checkbox"/>	maart	1 ^e helft <input type="checkbox"/>
december	1 ^e helft <input type="checkbox"/>		2 ^e helft <input type="checkbox"/>
	2 ^e helft <input type="checkbox"/>	april	1 ^e helft <input type="checkbox"/>
			2 ^e helft <input type="checkbox"/>
geschat aantal leerlingen:		mei	1 ^e helft <input type="checkbox"/>
VWO :.....			2 ^e helft <input type="checkbox"/>
HAVO :.....		juni	1 ^e helft <input type="checkbox"/>
			2 ^e helft <input type="checkbox"/>

School : Naam docent(e):.....

Bezoekadres : Tel. thuis:.....

Postadres : E-mail:.....

Postcode : Voorjaarsvakantie week:

Plaats :

Tel. school :

Tijd ochtendpauze : van uur tot uur

Tijd lunchpauze : van uur tot uur

Het aanmeldkaartje zoals deze tot aan 2016 werd gebruikt

Dankwoord

Bij deze gaat onze dank uit naar iedereen die een bijdrage heeft geleverd aan de totstandkoming van deze jubileumeditie van het informatieboekje:

Jenny Andriese
Ad Beune
Harry Eikelhof
Theo Heij
Kees Kastrop
Kees van Koeveringe
Wouter van Joolingen
Jan van der Lee
Ralph Meulenbroeks

Notities

Ioniserende Stralen Practicum | ISP

Experimenteren met radioactieve bronnen en röntgenstraling

© 2022 - Freudenthal Instituut (FI)

www.freudenthalinstituut.nl

Faculteit Bètawetenschappen, Universiteit Utrecht

